



Office de la propriété
intellectuelle
du Canada

Un organisme
d'Industrie Canada

Canadian
Intellectual Property
Office

An Agency of
Industry Canada

PCT / CA 00 / 00865

August 2000 (22.08.2000)

REC'D 05 SEP 2000

WIPO

PCT

10/069035

*Bureau canadien
des brevets*
Certification

*Canadian Patent
Office*
Certification

La présente atteste que les documents
ci-joints, dont la liste figure ci-dessous,
sont des copies authentiques des docu-
ments déposés au Bureau des brevets.

This is to certify that the documents
attached hereto and identified below are
true copies of the documents on file in
the Patent Office.

Mémoire descriptif et dessins, de la demande de brevet no 2,280,434, tels que déposés, le
18 août 1999, par **HYDRO-QUÉBEC**, cessionnaire de Robert Schulz, Sabin Boily, René
Dubuc, Marco Blouin et Guy Lalonde, ayant pour titre: "Rubans D'Hydrures Métalliques
et Usages de Ceux-Ci Notamment Pour le Stockage de L'Hydrogène".

CA00100865

4

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

L. Lachance

Agent certificateur/Certifying Officer

22 août 2000

Date

Canada

(CIPO 68)

OPIC



CIPO

ABRÉGÉ

L'invention vise une pièce à base d'un ou plusieurs hydrures métalliques capables d'absorber l'hydrogène de façon réversible. Cette pièce se présente sous la forme d'un ruban mince et dense, d'épaisseur de 5
préférence égale ou inférieure à 1 mm et de porosité de préférence inférieure à 20%. La pièce est obtenue par laminage d'une poudre du ou des hydrures choisis, avec ou sans composante(s) additionnelle(s), telles que des liants
ou éléments caloporteurs. Cette pièce peut facilement être produite à une
10 échelle industrielle. De par sa nature, elle est particulièrement bien adaptée pour être utilisée comme élément de base dans un réservoir pour le stockage et le transport de l'hydrogène. Elle peut aussi être utilisée dans une batterie du type Ni-MH pour le stockage et le transport d'énergie.

15

RUBANS D'HYDRURES MÉTALLIQUES ET USAGES DE CEUX-CI NOTAMMENT POUR LE STOCKAGE DE L'HYDROGÈNE

5 PRÉAMBULE

La présente invention a pour objet des pièces à base d'hydrures métalliques, lesquelles se présentent sous la forme de rubans obtenus par laminage.

L'invention a également pour objet l'usage de ces pièces pour le
10 stockage et le transport de l'hydrogène dans des réservoirs de stockage d'hydrogène.

L'invention a aussi pour objet l'usage de ces mêmes pièces dans des batteries de type Ni-MH ou autres équipements utilisés pour la purification, la séparation, la compression, la détection, la réfrigération, le
15 chauffage, le stockage et la génération d'énergie.

Dans la présente description et les revendications annexées, l'expression « hydrures métalliques » est utilisée pour désigner tous les métaux, alliages, composites et autres matériaux connus pour absorber l'hydrogène de façon réversible, qu'ils soient sous forme non hydrogénés
20 (c'est-à-dire avant absorption ou après désorption d'hydrogène) ou sous forme hydrogénée (c'est-à-dire après absorption et avant désorption). Les hydrures en question peuvent être du type « à hautes températures ». À titre d'exemples de tels hydrures, on peut citer Na, Mg, Mg₂Ni, Li, Ti, Zr ou Ca. Ces hydrures peuvent aussi être de type « à basses ou relativement
25 basses températures ». À titre d'exemples de tels hydrures, on peut citer MmNi₅, LaNi₅, CaNi₅, FeTi, Ti_{0.98}, Zr_{0.02}, V_{0.43}, Fe_{0.09}, Cr_{0.05}, Mn_{1.5} et les alliages de Bogdanovic.

BRÈVE DESCRIPTION DE L'ART ANTÉRIEUR

30 L'usage d'hydrures métalliques pour le stockage et le transport de l'hydrogène est bien connu en soi. L'hydrogène ainsi stocké est

habituellement utilisé comme source d'énergie pour des véhicules fonctionnant à l'hydrogène, pour des batteries ou pour des machines ou autres équipements de purification, séparation, compression, détection, réfrigération ou chauffage.

5 Si toutes ces applications potentielles sont extrêmement intéressantes, il existe toutefois un problème pratique de transferts de chaleur et de masse (hydrogène) associé à l'utilisation des hydrures métalliques présentant une grande cinétique d'absorption et de désorption de l'hydrogène. En effet, l'absorption d'hydrogène par un hydrure métallique
10 est un phénomène exothermique. Il faut donc évacuer rapidement de la chaleur lors de l'absorption sinon le processus se trouve ralenti. Par ailleurs, la désorption est un phénomène endothermique. Il faut donc fournir de la chaleur rapidement pour extraire de l'hydrogène d'un hydrure métallique à grand débit. Lorsqu'on envisage d'hydrogéner ou de déshydrogéner très
15 rapidement un matériau et donc en même temps extraire ou fournir de la chaleur, il faut réduire les parcours thermiques et de diffusion le plus possible, d'où la nécessité d'avoir une des dimensions du matériau petite. De plus, afin d'avoir une grande capacité de stockage par unité de volume, il est nécessaire de consolider ou densifier l'hydrure s'il se présente sous
20 forme de poudre.

Dans le but de tentativement résoudre ce problème, la demande de brevet japonais publiée le 26 décembre 1985 sous le numéro JP-A-60/262.830 au nom de TOYOTA CENTER OF RESEARCH & DEVELOPMENT LAB suggère de donner la forme d'une feuille mince à
25 l'hydrure métallique que l'on veut utiliser. La feuille en question est obtenue en « moulant » l'hydrure autour d'un treillis métallique à l'aide d'une résine synthétique telle qu'une résine de silicone. Un tel procédé de « moulage » est relativement difficile à mettre en œuvre d'un point de vue industriel. D'autre part, comme chacun sait, les résines synthétiques (polymères) ne
30 peuvent être exposées à de hautes températures. Les hydrures utilisées ne peuvent donc être que des hydrures à basse température (l'exemple 1 du

brevet fait mention de LaNi_5). Il est impossible d'utiliser cette technologie avec des hydrures à haute température. De plus, les résines synthétiques ne conduisant ni l'électricité ni la chaleur, il est nécessaire d'incorporer des tuyaux à la feuille moulée pour faire circuler un liquide caloporteur pour les échanges de chaleur.

OBJETS ET RÉSUMÉ DE L'INVENTION

Un premier objet de la présente invention est de donner à un hydrure métallique une forme adéquate pour résoudre efficacement le problème pratique de transferts de chaleur et de masse ci-dessus évoqué.

Un second objet de l'invention est d'obtenir la mise en forme voulue d'une hydrure métallique en utilisant une technologie qui se prête parfaitement bien à la production industrielle à grande échelle et à faible coût.

Un troisième objet de l'invention est de généraliser l'usage de l'hydrure métallique ainsi mis en forme à toutes les applications industrielles possibles pour ce type de produit connu pour être capable d'absorber l'hydrogène de façon réversible.

Selon l'invention, ces divers objets sont atteints au moyen d'au moins une pièce à base d'au moins un hydrure métallique capable d'absorber l'hydrogène de façon réversible, caractérisée en ce qu'elle se présente sous la forme d'un ruban mince et dense obtenu par laminage d'une poudre du ou desdits hydrures métalliques.

Cette pièce a de préférence une épaisseur égale ou inférieure à 1 mm et est faite à partir d'une poudre d'hydrure(s) de structure nanocristalline (crystallites de taille inférieure à 100 nm). Elle peut avoir n'importe quelle forme : droite, empilée, repliée, en spirale, courbée, torsadée ou découpée.

Selon un mode tout particulièrement préféré de réalisation de l'invention, cette pièce peut contenir une première composante additionnelle servant à l'apport et/ou l'évacuation de chaleur. Cette première composante

additionnelle peut servir aussi de liant à la poudre d'hydrure(s).

La pièce peut aussi contenir une seconde composante additionnelle servant de liant à la poudre d'hydrure(s).

La première et/ou seconde composantes additionnelles ainsi
5 utilisées se présentent de préférence sous la forme d'un additif en poudre.
Cet additif peut être une poudre de Mg, Cu ou Al.

Alternativement, la première et/ou seconde composante
additionnelles peuvent se présenter sous la forme d'une matrice
tridimensionnelle de préférence métallique et de structure poreuse, qui est
10 laminée avec la poudre d'hydrure(s).

La première et/ou seconde composantes additionnelles peuvent
aussi se présenter sous la forme d'une plaque ou d'un tube en contact direct
avec la poudre d'hydrures.

De préférence, le poids de la première et/ou seconde composante
15 additionnelle représente au maximum 50% du poids de l'ensemble de la
pièce. Plus préférentiellement encore, ce poids n'excède pas 30% du poids
de l'ensemble de la pièce.

De par sa nature, la pièce selon l'invention est capable d'absorber
de façon réversible l'hydrogène. Elle peut être façonnée pour posséder des
20 caractéristiques électriques intrinsèques permettant la mesure de son
contenu en hydrogène. Elle peut aussi être façonnée pour posséder des
caractéristiques électriques intrinsèques permettant la désorption de
l'hydrogène par passage d'un courant.

Tel que ci-dessus indiqué, la pièce à base d'hydrure(s)
25 métallique(s) selon l'invention est fabriquée par laminage. Cette technique
a l'avantage de permettre la fabrication de rubans minces très denses et de
faible épaisseur qui, de ce fait, présentent les caractéristiques ci-haut
recherchées. Cette technique a également l'avantage de se prêter
parfaitement bien à la production industrielle à grande échelle à faible coût.

30 La pièce selon l'invention est, de par sa nature, particulièrement
bien adaptée pour être utilisée comme élément de base dans un réservoir

pour le stockage et le transport de l'hydrogène. Elle peut aussi être utilisée dans une batterie du type Ni-MH pour le stockage et le transport d'énergie. Elle peut enfin être utilisée dans d'autres équipements choisis parmi les équipements de purification, séparation, compression, détection, 5 réfrigération, chauffage, stockage et génération d'énergie.

L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description plus détaillée mais non restrictive qui va suivre, faite en se référant aux dessins annexés.

10 BRÈVE PRÉSENTATION DES DESSINS

La figure 1 est une représentation schématique de la fabrication d'une pièce à base d'hydruure métallique selon l'invention, incorporant une structure poreuse métallique tridimensionnelle;

la figure 2 est une représentation d'une pièce à base d'hydruure 15 métallique selon l'invention, associée à, d'une part, une plaque métallique servant de caloporteur (et possiblement de contact d'électrode) et d'autre part, des matelas de fibres poreuses pour l'amenée ou le retrait de l'hydrogène et la compensation volumique;

la figure 3 est une vue en coupe de la moitié droite d'un ensemble 20 constitué d'une pièce selon l'invention associée à, d'une part, une plaque métallique servant de caloporteur et, d'autre part, un matelas isolant, cette vue donnant une simulation numérique du transfert de chaleur dans cet ensemble lors de l'absorption d'hydrogène;

la figure 4 est une courbe illustrant le changement de résistance 25 d'une pièce consolidée à base d'un hydruure métallique de formule $\text{MgH}_2\text{-5at\%V}$ lors de la désorption d'hydrogène ainsi que la pression différentielle de l'appareil de titration d'hydrogène, en fonction de la température;

la figure 5 est une vue en coupe schématique d'un réservoir pour le stockage de l'hydrogène utilisant un empilement de pièces selon 30 l'invention;

la figure 6 est une vue en perspective ouverte du réservoir illustré en coupe sur la figure 5; et

les figures 7a à 7d sont des vues en perspective illustrant de façon schématique diverses géométries que peuvent avoir les pièces selon l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

Tel que précédemment indiqué, l'invention a essentiellement pour objet une pièce à base d'un ou plusieurs hydrures métalliques capables d'absorber l'hydrogène de façon réversible. Cette pièce se présente sous la forme d'un ruban mince et dense, d'épaisseur de préférence égale ou inférieure à 1 mm et de porosité de préférence inférieure à 20%, qui est obtenu par laminage d'une poudre du ou des hydrures choisis, avec ou sans composante(s) additionnelle(s). Ce ruban a une largeur typique inférieure à 15 cm et une longueur qui peut être de plusieurs mètres.

À titre d'exemples non limitatifs d'hydrures utilisables pour la fabrication des pièces, on peut notamment citer ceux de structure nanocristalline décrites dans les brevets américains nos 5.763.363; 5.837.030; 5.872.074 et 5.906.792 obtenus au nom de la Demanderesse conjointement ou non avec l'UNIVERSITÉ MCGILL. On peut citer plus particulièrement encore les hydrures à base Mg.

Le cœur de l'invention réside dans l'utilisation de la technique bien connue de laminage pour donner à la poudre d'hydrure(s) la forme d'un ruban mince et dense et ainsi permettre d'optimiser les transferts de masse (hydrogène) et de chaleur impliqués lors des processus d'absorption/désorption d'hydrogène.

Afin d'obtenir ainsi par laminage des rubans d'hydrures ayant une bonne intégrité structurale, des composantes additionnelles telles que des agents liants, peuvent être ajoutés à titre d'additifs aux hydrures utilisés. À titre d'exemples de tels additifs, on peut notamment citer Mg, Al, V, Cu, Li, Fe, Nb, C, le graphite, Co, Ni, Mn, Cr, Ti, Zr, Nb et FeTi. Ces additifs

sont de préférence sous la forme d'une poudre qui peut être mélangée à la poudre d'hydru(s) et laminée en même temps.

Comme composante additionnelle, on peut également envisager d'utiliser une structure tridimensionnelle de préférence poreuse et métallique telle qu'un « foam » métallique, d'y insérer la poudre d'hydru(s) dans les pores et de laminier le tout pour en faire un ruban mince. La structure métallique ainsi incorporée à la pièce permet alors d'évacuer la chaleur du ruban plus rapidement lors de l'absorption de l'hydrogène.

La figure 1 est illustrative de cette technique de fabrication. On y voit que la structure tridimensionnelle métallique 3 est introduite avec une plaque porteuse 5 de préférence faite d'un matériau caloporteur entre les rouleaux 7 d'un laminoir. Juste avant cette introduction, la poudre d'hydru(s) 9 stockée dans un réservoir 11 est déversée sur la structure 3 pour en remplir les pores. Après laminage, la pièce sous forme de ruban mince et dense 1 qui est obtenue peut alors être associée à d'autres éléments tels qu'une grille de contact électrique 13 et des matelas 15 de microfibres de verre pour obtenir une unité opérante prête à être incorporée dans un réservoir de stockage d'hydrogène.

En pratique, le laminage peut être effectué à froid (température de la pièce) ou à chaud (température inférieure à 400°C). Les rouleaux 7 peuvent être chauffés et leur position respective ajustée pour obtenir une épaisseur et une densité voulue.

On comprendra que le ou les additifs ci-dessus mentionnés sont utilisés et laminés avec la poudre d'hydru(s) métallique essentiellement dans le but de maintenir l'intégrité structurale du ruban et d'agir comme caloporteur. Il est donc important d'utiliser de préférence des additifs sous forme de poudres métalliques ou de fibres également métalliques, qui soient non seulement capables d'agir comme liant mais aussi comme caloporteur.

En combinaison avec ces additifs ou comme substituts à ceux-ci, on peut utiliser aussi la structure tridimensionnelle métallique ou la plaque ou grille porteuse auxquelles il a déjà été fait référence ci-dessus, ou encore

un tube métallique dans lequel on insère la poudre d'hydruure avant le laminage. Ces éléments se doivent aussi d'être faits d'un matériau conducteur et être de préférence pourvus de perforations pour permettre un passage de l'hydrogène à absorber ou désorber.

5 Afin de promouvoir la désorption de l'hydrogène, les caractéristiques électriques intrinsèques des pièces sous forme de rubans obtenus par laminage peuvent être mises à contribution. Ainsi, par exemple, on sait que l'hydruure de magnésium MgH_2 est un isolant. Lorsque le contenu d'additif métallique en poudre ou sous forme de structure poreuse
10 dépasse le point de percolation, un ruban fait à partir de cet hydruure devient conducteur. De plus, lors de la désorption, le MgH_2 passe de l'état isolant à l'état conducteur. On peut donc utiliser ces caractéristiques pour induire la désorption de l'hydrogène du ruban en y faisant passer un courant électrique. Le changement de résistivité en fonction de la teneur en
15 hydrogène de ces pièces peut également servir d'indicateur du contenu en hydrogène du réservoir.

La figure 4 illustre à titre d'exemple le changement de résistance d'une pièce consolidée à base de MgH_2 ainsi que la pression différentielle de l'appareil de titration d'hydrogène de cette pièce en fonction de la
20 température lors d'une étape de désorption. Cette figure montre que lors de la désorption, l'hydruure de magnésium (MgH_2) qui est un isolant devient conducteur (Mg). Cette figure peut être associée au Tableau ci-dessous qui indique la résistance électrique d'une pièce consolidée de 1 mm d'épaisseur, faite du même hydruure métallique nanocristallin de structure MgH_2 -5at%V,
25 auquel ont été ajoutées des quantités variables d'un liant constitué de Mg de granulométrie comprise entre 105 μm et 850 μm (la résistance interne de l'appareil de mesure était 2000 Ω).

Quantité de liant (Mg) ajoutée (exprimée en poids)	0	10%	15%	20%	30%
Résistance mesurée (Ω)	4×10^{10}	1×10^{10}	3000	< 2000	< 2000

On notera que lorsque la composante additionnelle servant de liant se présente sous la forme d'une poudre qui est mélangée et intégrée à la poudre d'hydrure, il est de la plus haute importance que cette composante soit bien répartie et occupe tout le volume de la pièce, comme c'est le cas d'une structure tridimensionnelle métallique lorsqu'elle est enchâssée dans la poudre d'hydrure lors du laminage (voir figure 1). En fait, l'une et/ou l'autre de ces deux solutions sont très préférables au simple pressage de la poudre d'hydrure sur un substrat sans aucun additif.

Le concept d'utiliser des pièces sous forme de rubans laminés d'hydrures métalliques préparées telles que décrites ci-dessus est suffisamment flexible pour être adapté à une multitude d'applications. Ces rubans peuvent avoir n'importe quelle forme. Il peut s'agir de rubans plats et rectilignes, coupés en sections droites (voir les figures 5 et 6). Alternativement, les rubans peuvent être pliés et empilés sur eux-mêmes (figure 7a), enroulés en spirale (figure 7b), courbés (figure 7c) ou découpés, sectionnés et réassemblés à angle (figure 7d).

Les figures 5 et 6 illustrent un usage possible de plusieurs pièces 1 sous forme de rubans droits dans un réservoir 21 pour le stockage et le transport d'hydrogène. Ce réservoir 21 comprend une paroi externe 23, une paroi interne 25 fixée à la paroi externe *via* un manchon corrugué 27 jouant le rôle de renforcement mécanique et de bris thermique. Le manchon 27 définit aussi, de par sa structure, une pluralité de conduites 29 pour un fluide caloporteur (eau, huile ou autre liquide) qui est amené en 31 et sert pour le refroidissement lors de l'absorption ou pour le chauffage lors de la désorption de l'hydrogène. L'hydrogène circule *via* un tuyau 33 ouvrant dans le contenant défini par la paroi interne 25 et dans lequel les pièces 1

sont empilées. Les plaques 5 de contact perforées de pièces agissent comme caloporteur et sont reliées à la paroi interne pour agir avec celle-ci comme un échangeur de chaleur. Des matelas en microfibre de verre de porosité de l'ordre de, par exemple, 90% avec des pores de, par exemple, 0,3 microns, sont disposés entre les pièces tels qu'illustrés sur la figure 2 pour assurer l'amenée et le retrait de l'hydrogène et absorber la dilatation ou contraction volumique.

Le réservoir 21 ci-dessus décrit a de nombreux avantages. Il est sécuritaire et de fonctionnement simple. Il est de remplissage rapide et de grande capacité. Il assure une libération de l'hydrogène à la demande, et ce de façon efficace et rapide grâce à la structure des pièces 1 et leur espacement. Les cinétiques d'absorption/désorption sont très rapides et la capacité de stockage très grande. Le nombre de cycles d'absorption/désorption est également élevé.

Ceci rend ce réservoir 21 utilisable dans le secteur des transports (automobiles, autobus, tracteurs, camions, véhicules récréatifs, avions, bateaux, trains, transports militaires, etc...) ou pour les fabricants/utilisateurs de piles à combustibles, les producteurs d'énergie décentralisée, les utilisateurs d'hydrogène à très haute pureté et les utilisateurs de filtres pour l'hydrogène.

Jusqu'à présent, dans toutes les applications impliquant l'hydrogène notamment comme source d'énergie pour des piles à combustible ou moteur à combustion interne ou comme sources de production d'hydrogène dans les réformateurs ou électrocatalyseurs, le stockage de l'hydrogène se faisait principalement soit sous très haute pression avec les problèmes de sécurité que cela cause (pressions > > 300 psi), soit sous forme liquide, avec les problèmes que pose la conservation de très basses températures (< -253°C). Une autre solution était l'usage d'hydrures conventionnels sous forme de poudre non compactée ou de pièces massives avec les problèmes que cela pose, notamment une

cinétique d'absorption/désorption très lente et une faible capacité de stockage.

L'utilisation de la technique de laminage proposée selon l'invention pour la fabrication de rubans minces et denses d'hydrures permet d'optimiser les cinétiques d'absorption/désorption dans les réservoirs de stockage et maximiser les transferts de chaleur. L'utilisation des propriétés électriques intrinsèques des rubans consolidés près du point de percolation permet de mesurer le contenu en hydrogène et promouvoir la désorption de l'hydrogène. De par leur structure, les pièces obtenues permettent d'optimiser les transferts de masse et de chaleur dans les réservoirs à hydrures métalliques. Ils assurent de grandes cinétiques d'absorption/désorption de l'hydrogène, un rapide transfert de masse et de chaleur, un nombre de cycles d'absorption/désorption élevé. De par leur structure aussi, les pièces consolidées sont sécuritaires en comparaison à une poudre d'hydrure non liée qui présente un certain degré de pyrophoricité.

La technologie décrite ci-dessus et les pièces à base d'hydrure(s) en forme rubans selon l'invention peuvent aussi être utilisées efficacement pour des applications aux batteries de type Ni-MH (nickel - métal hydrure).

Le champ d'application des rubans d'hydrures et des réservoirs de stockage de l'hydrogène utilisant des pièces sous forme de rubans d'hydrures laminés selon l'invention est donc très vaste. Cette technologie est particulièrement bien adaptée pour être utilisée avec des hydrures nanocristallins car ces matériaux présentent une très grande cinétique d'absorption et de désorption de l'hydrogène. Elle est particulièrement adaptée aussi pour les hydrures à base de Mg (Mg, Mg₂Ni et leurs matériaux associés), Li, Na, Ti, Zr et Ca, qui sont connus comme des hydrures « stables » opérant à haute température et pour lesquels le problème des échanges de chaleur est important. Cette technologie peut également être utilisée pour les hydrures à basse température comme MmNi₅, LaNi₅, CaNi₅, FeTi, Ti_{0.88}, Zr_{0.02}, V_{0.43}, F_{0.09}, Cr_{0.05}, Mn_{1.5}, alliages de Bogdanovic, etc.,

soit donc, en somme, tous les hydrures de type AB_6 , AB_2 , AB , A_2B , les solutions solides, les alliages amorphes et nanocrystalline, les hydrures complexes et même le carbone, les nanotubes, etc...

REVENDEICATIONS

5 1. Une pièce à base d'au moins un hydrure métallique capable
d'absorber l'hydrogène de façon réversible, caractérisée en ce qu'elle se
présente sous la forme d'un ruban mince et dense obtenu par laminage
d'une poudre du ou desdits hydrures métalliques.

10 2. Pièce selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle
contient une première composante additionnelle servant à l'apport et/ou
l'évacuation de chaleur.

15 3. Pièce selon la revendication 2, caractérisée en ce que la
première composante additionnelle sert aussi de liant à la poudre
d'hydrure(s).

20 4. Pièce selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle
contient une seconde composante additionnelle servant de liant à la poudre
d'hydrure(s).

25 5. Pièce selon la revendication 2, 3 ou 4 caractérisée en ce que
la première et/ou seconde composante additionnelle se présente sous la
forme d'un additif en poudre.

6. Pièce selon la revendication 5 caractérisée en ce que l'additif
en poudre est constitué de Mg.

30 7. Pièce selon la revendication 2, 3 ou 4, caractérisée en ce que
la première et/ou seconde composante additionnelle se présente sous la
forme d'une matrice tridimensionnelle qui est laminée avec la poudre
d'hydrure(s).

8. Pièce selon la revendication 7, caractérisée en ce que la matrice est métallique et a une structure poreuse.

5 9. Pièce selon la revendication 2, 3 ou 4, caractérisée en ce que la première et/ou seconde composante additionnelle se présente sous la forme d'une plaque en contact direct avec la poudre d'hydru(s) ou d'un tube laminé contenant ladite poudre d'hydru(s).

10 10. Pièce selon l'une quelconque des revendications 2 à 9, caractérisée en ce que la première et/ou seconde composante additionnelle a un poids représentant jusqu'à 50% du poids de l'ensemble de la pièce.

15 11. Pièce selon la revendication 10, caractérisée en ce que la première et/ou seconde composante additionnelle a un poids représentant jusqu'à 30% du poids de l'ensemble de la pièce.

20 12. Pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que le ruban a une épaisseur égale ou inférieure à 1 mm.

 13. Pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la poudre d'hydru(s) métallique(s) est nanocristalline.

25 14. Pièce selon la revendication 13, caractérisée en ce que l'hydru métallique nanocristallin est du type MgH_2 -5at%V.

30 15. Pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisée en ce que le ruban se présente sous une forme choisie dans le groupe constitué par les formes droite, empilée, repliée, en spirale, courbée, torsadée et découpée.

16. Pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisée en ce qu'elle est façonnée pour posséder des caractéristiques électriques intrinsèques permettant la mesure de son contenu en hydrogène.

5

17. Pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisée en ce qu'elle est façonnée pour posséder des caractéristiques électriques intrinsèques permettant la désorption de l'hydrogène par passage d'un courant.

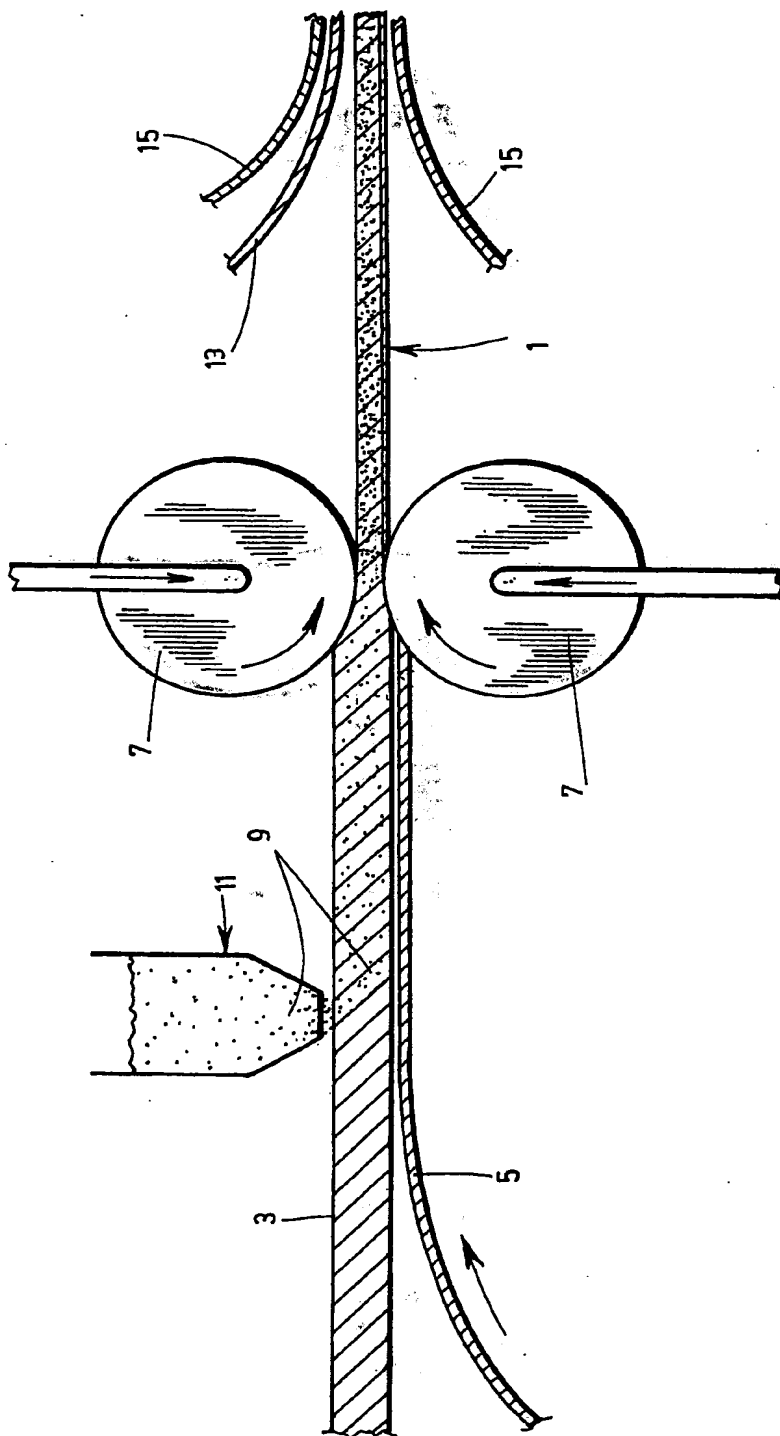
10

18. Usage d'une pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans un réservoir pour le stockage et le transport de l'hydrogène.

19. Usage d'une pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans une batterie du type Ni-MH pour le stockage et le transport d'énergie.

20. Usage d'une pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, dans un équipement choisi parmi les équipements de purification, séparation, compression, détection, réfrigération, chauffage, stockage et génération d'énergie.

20

FIG. 1

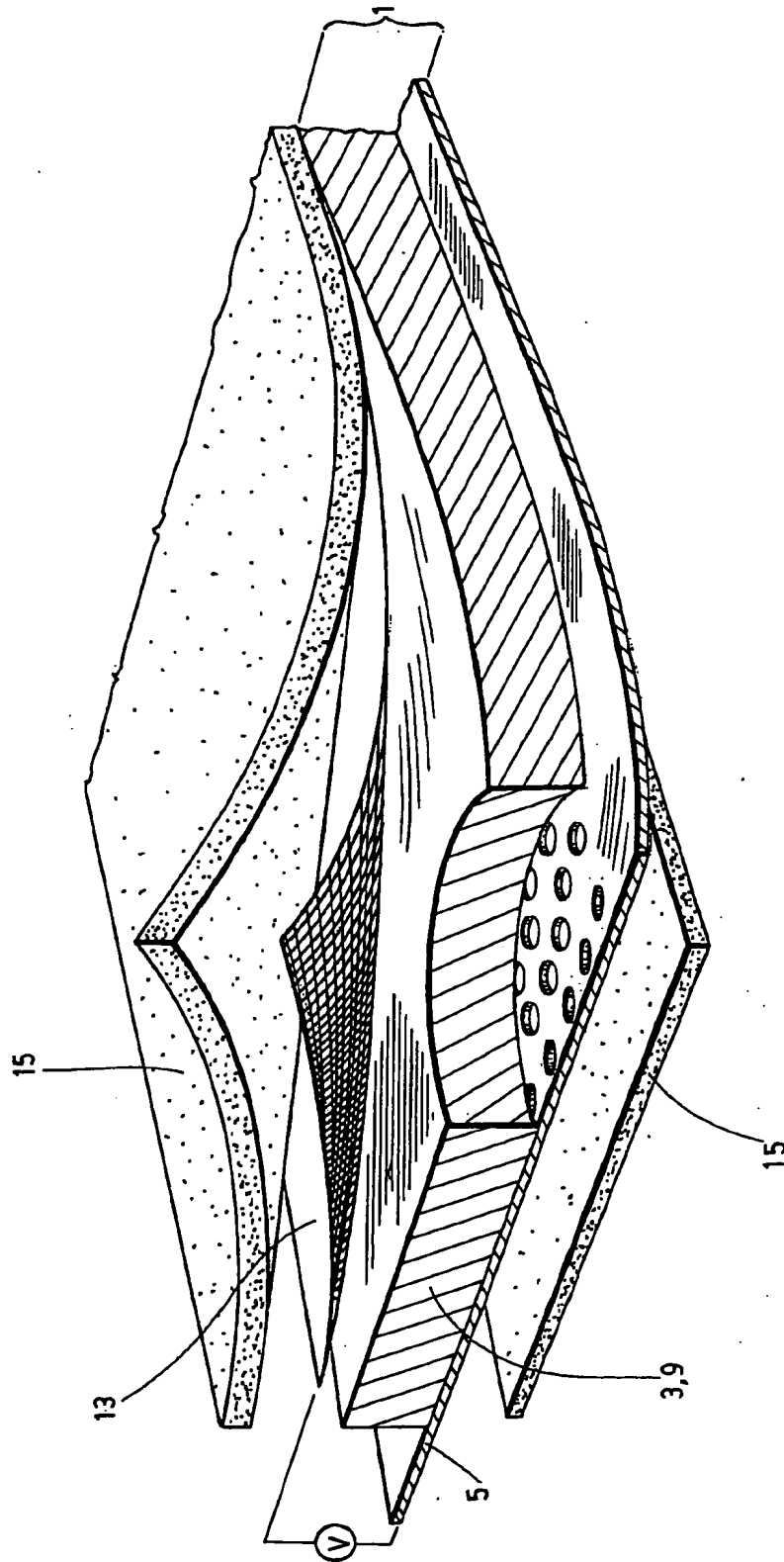


FIG. 2

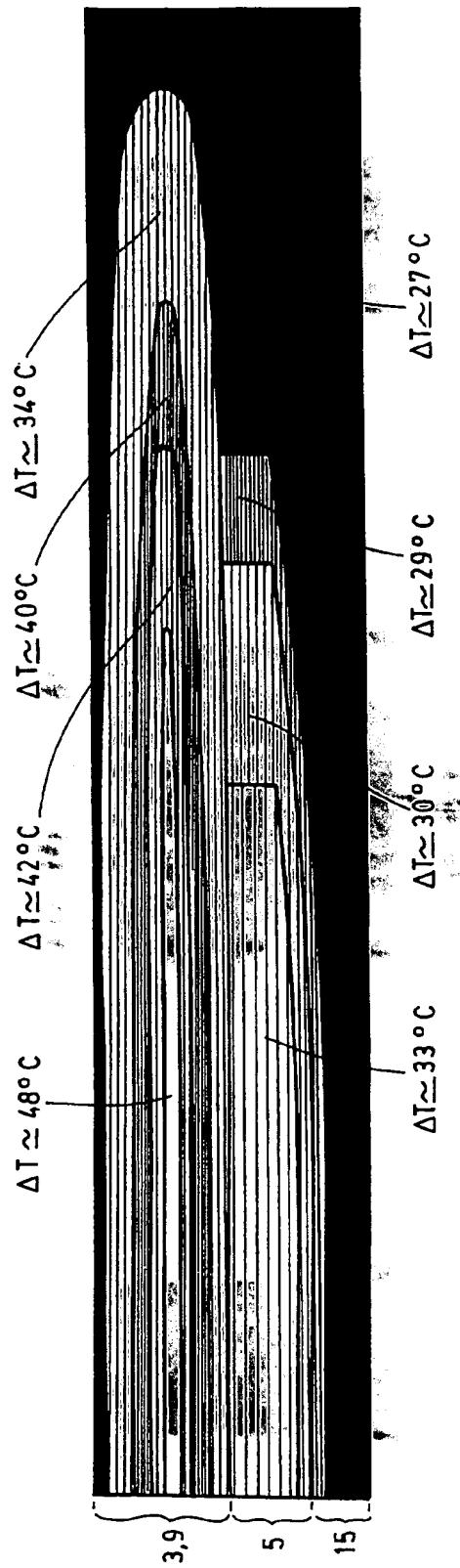


FIG. 3

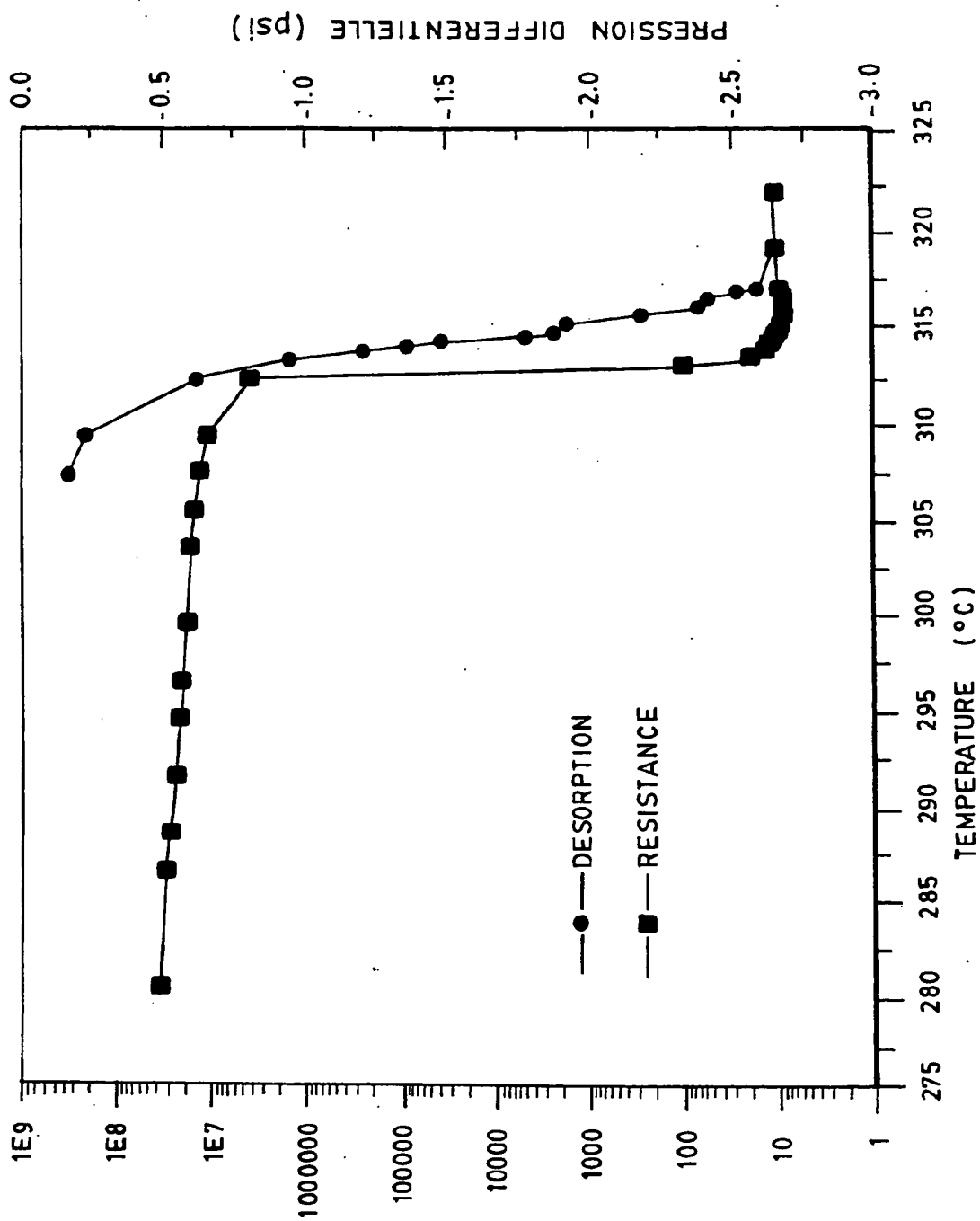


FIG. 4

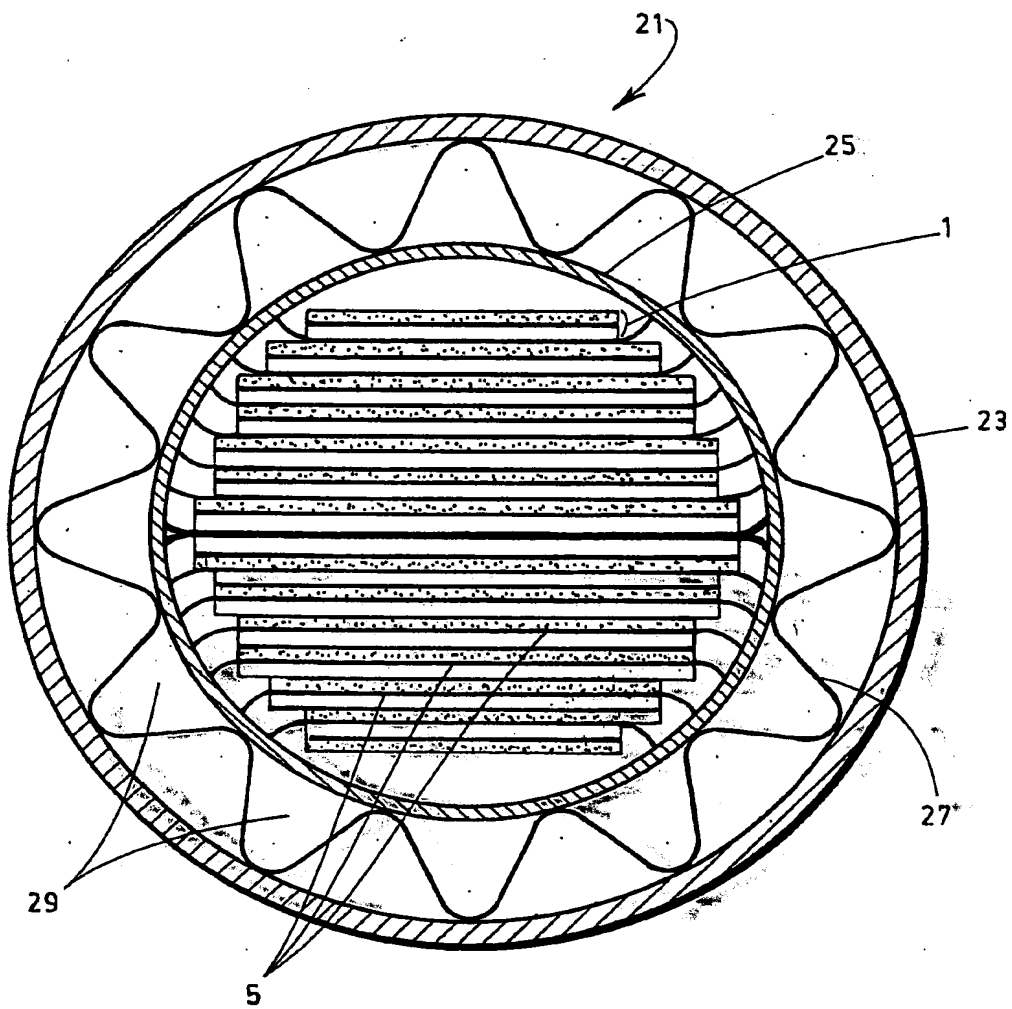


FIG. 5

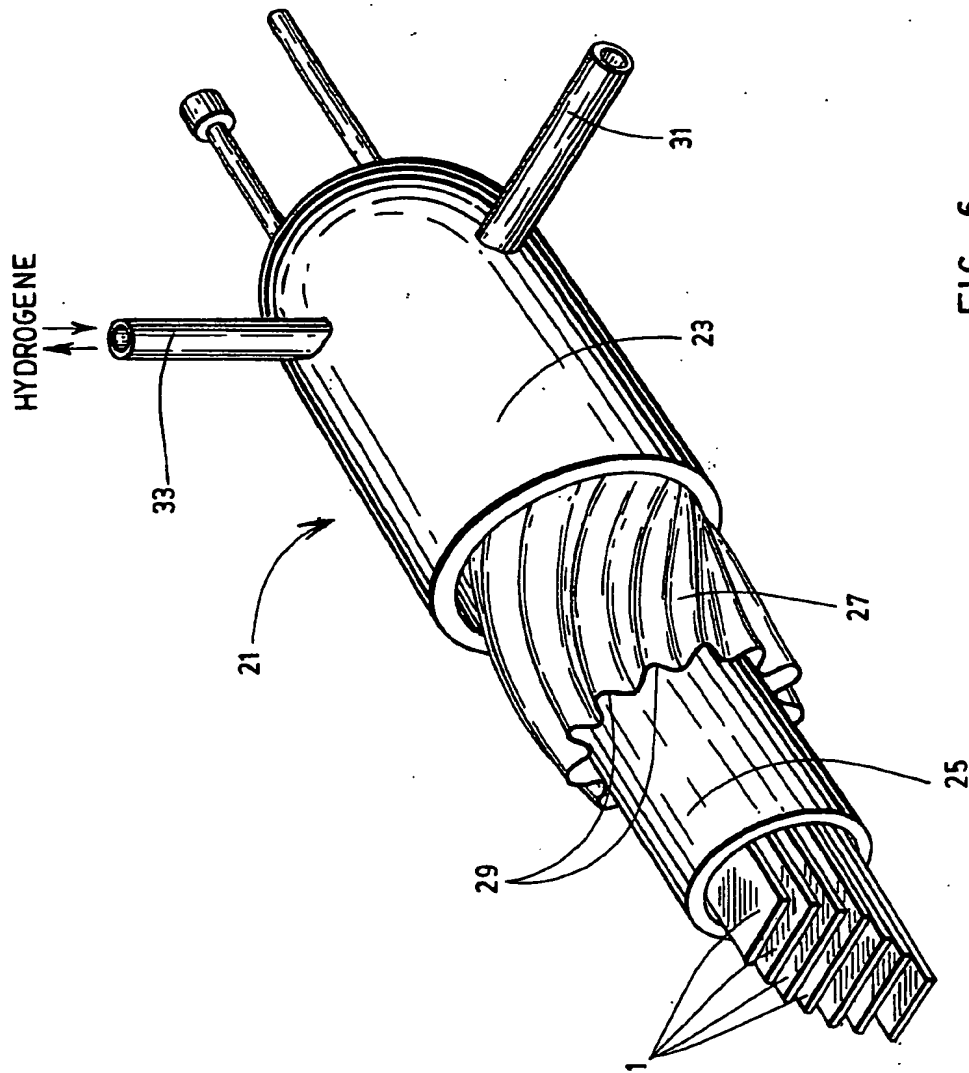


FIG. 6

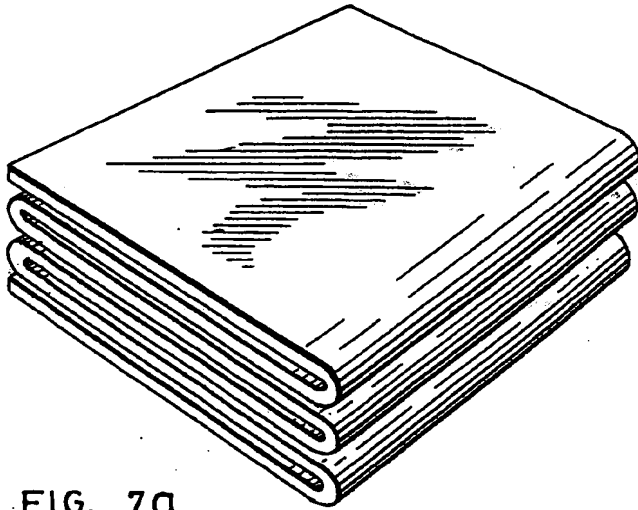


FIG. 7a

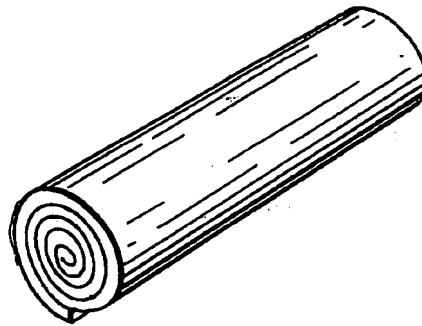


FIG. 7b

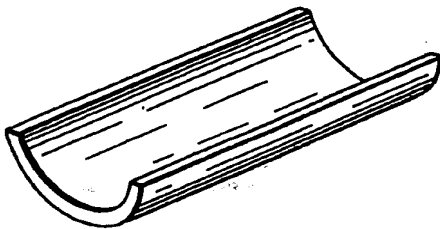


FIG. 7c

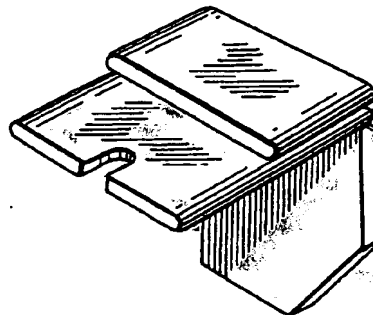


FIG. 7d